Nicht für den Prüfling bestimmt

I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCBG und Abiturerlassen BG jeweils in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

Standardbezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzbereiche sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzbereiche für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzbereiche in engem Bezug zueinanderstehen. Die Operationalisierung des Bezugs zu den Kompetenzbereichen des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzbereiche				
	K1	K2	K3	K4	K5
1.1	X		X		
1.2	X		X		
2.1		X		X	
2.2			X	X	
3.1			X		X
3.2				X	X
4.1		X	X		X
4.2	X	X			
5	X		X		
6		X	X		X

Inhaltlicher Bezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Themenfelder sind die wesentliche inhaltliche Grundlage für die vorliegenden Aufgaben. Darüber hinaus können weitere, hier nicht explizit ausgewiesene Themenfelder für die Bearbeitung nachrangig bedeutsam sein.
Q1: Technische Mechanik II
Q2: Maschinenelemente
Q3: Baueinheiten des Maschinenbaus
verbindliche Themenfelder: Grundbeanspruchungsarten (Q1.1), Dauer- und Gestaltfestigkeit (Q1.2), Kraft- und Momentenverläufe (Q1.3), Kraft- und formschlüssige Verbindungen (Q2.1), Lagerungselemente (Q2.2), Getriebe und Zahnräder (Q3.1), Kupplungen und Bremsen (Q3.2)

II Lösungshinweise

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Selbstverständlich sind jedoch Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, ebenso zu akzeptieren.

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
1.1	darstellen i_{ges}, η_{ges} Hohlrad: d_H, z_H, n_H, M_H → Zwischenrad: d_Z, z_Z, n_Z, M_Z → Ritzel: d_R, z_R, n_R, M_R	2	2	
1.2	berechnen $d_H = 2 \cdot d_Z + d_R$ (Material 1) $\Rightarrow d_R = d_H - 2 \cdot d_Z = 600\,\text{mm} - 2 \cdot 240\,\text{mm} = 120\,\text{mm}$ $d_H = m \cdot z_H \Rightarrow m = \frac{d_H}{z_H} = \frac{600\,\text{mm}}{150} = 4\,\text{mm}$ $d_R = m \cdot z_R \Rightarrow z_R = \frac{d_R}{m} = \frac{120\,\text{mm}}{4\,\text{mm}} = 30$ $i_{ges} = \frac{z_R}{z_H} = \frac{30}{150} = 0{,}2$ $i_{ges} = \frac{n_H}{n_R} \Rightarrow n_R = \frac{n_H}{i_{ges}} = \frac{30\,\text{min}^{-1}}{0{,}2} = 150\,\text{min}^{-1}$ $P_H \cdot \eta_{ges} = P_R \Rightarrow 2 \cdot \pi \cdot n_H \cdot M_H \cdot \eta_{ges} = 2 \cdot \pi \cdot n_R \cdot M_R \Rightarrow n_H \cdot M_H \cdot \eta_{ges} = n_R \cdot M_R$ $\Rightarrow M_R = \frac{n_H \cdot M_H \cdot \eta_{ges}}{n_R} = \frac{30\,\text{min}^{-1} \cdot 3985\,\text{Nm} \cdot 0{,}96}{150\,\text{min}^{-1}} \approx 765\,\text{Nm}$ $M_R = \frac{F_{Ru} \cdot d_R}{2} \Rightarrow F_{Ru} = \frac{2 \cdot M_R}{d_R} = \frac{2 \cdot 765\,\text{Nm}}{0{,}12\,\text{m}} = 12750\,\text{N}$	8	6	
	Summe 18	**10**	**8**	

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE I**	**BE II**	**BE III**
2.1	freimachen		3	3
	bestimmen $\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{Ra} - F_{Fx} = 0 \Rightarrow F_{Fx} = F_{Ra} = 4640\,\text{N}$ xz – Ebene: $\sum M_{(E)} = 0 \Rightarrow 500\,\text{mm} \cdot F_{Rr} + \frac{d_R}{2} \cdot F_{Ra} - (500\,\text{mm} + 900\,\text{mm}) \cdot F_{Fz} = 0$ $\Rightarrow F_{Fz} = \frac{500\,\text{mm} \cdot 4940\,\text{N} + 0{,}5 \cdot 120\,\text{mm} \cdot 4640\,\text{N}}{500\,\text{mm} + 900\,\text{mm}} = 1963\,\text{N}$ $\sum F_z = 0 \Rightarrow -F_{Ez} + F_{Rr} - F_{Fz} = 0 \Rightarrow F_{Ez} = F_{Rr} - F_{Fz} = 4940\,\text{N} - 1963\,\text{N} = 2977\,\text{N}$ xy – Ebene: $\sum M_{(F)} = 0 \Rightarrow +(500\,\text{mm} + 900\,\text{mm}) \cdot F_{Ey} - 900\,\text{mm} \cdot F_{Ru} = 0$ $\Rightarrow F_{Ey} = \frac{900\,\text{mm} \cdot F_{Ru}}{500\,\text{mm} + 900\,\text{mm}} = \frac{900\,\text{mm} \cdot 12750\,\text{N}}{1400\,\text{mm}} \approx 8196\,\text{N}$ $\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{Ey} - F_{Ru} + F_{Fy} = 0 \Rightarrow F_{Fy} = F_{Ru} - F_{Ey}$ $= 12750\,\text{N} - 8196\,\text{N} = 4554\,\text{N}$ $F_E = \sqrt{F_{Ey}^2 + F_{Ez}^2} = \sqrt{(8196\,\text{N})^2 + (2977\,\text{N})^2} \approx 8720\,\text{N}$ $F_{Fr} = \sqrt{F_{Fy}^2 + F_{Fz}^2} = \sqrt{(4554\,\text{N})^2 + (1963\,\text{N})^2} \approx 4959\,\text{N}$ $F_{Fa} = F_{Fx} = 4640\,\text{N}$	6	5	

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE I**	**BE II**	**BE III**
2.2	dokumentieren Lager E, Ritzel, Lager F F_{qy}, M_{by}, F_{qz}, M_{bz}, x		4	5
	berechnen $M_{by,max} = -F_{Ey} \cdot 0{,}5\,m = -8196\,N \cdot 0{,}5\,m \approx -4098\,Nm$ $M_{bz,max} = -F_{Fz} \cdot 0{,}9\,m = -1963\,N \cdot 0{,}9\,m \approx -1767\,Nm$ $M_{b,max} = \sqrt{(M_{by,max})^2 + (M_{bz,max})^2} = \sqrt{(-4098 Nm)^2 + (-1767\,Nm)^2} = 4463\,Nm$	3	3	
	Summe 32	**9**	**15**	**8**

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
3.1	überprüfen $S_D = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \sigma_D}{\beta_k \cdot \sigma_V}$ Vergleichsspannung σ_V: $\sigma_V = \frac{M_V}{W}$ $M_V = \sqrt{M_b^2 + 0{,}75 \cdot (\alpha_0 \cdot M_T)^2}$ $\alpha_0 \approx 0{,}7$ (M_b wechselnd, M_T schwellend) $M_T = M_R = 765\,\text{Nm}$ $M_b = M_{b,max} = 4463\,\text{Nm}$ $M_V = \sqrt{(4463\text{ Nm})^2 + 0{,}75 \cdot (0{,}7 \cdot 765\text{ Nm})^2} \approx 4487\text{ Nm}$ $W = \frac{\pi \cdot d_{Rw}^3}{32} = \frac{\pi \cdot (60\text{ mm})^3}{32} \approx 21206\text{ mm}^3$ $\sigma_V = \frac{M_V}{W} = \frac{4487000\text{ Nmm}}{21206\text{ mm}^3} \approx 212\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ Oberflächenbeiwert b_1 und Größenbeiwert b_2 (Material 5), Kerbwirkungszahl β_k: $b_1 \approx 0{,}93$ ($R_m = 1100\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (Material 4), $R_t = 2\,\mu\text{m}$) $b_2 \approx 0{,}78$ (Bauteildurchmesser 60 mm) $\beta_k = 1$ (keine zu berücksichtigende Kerbe vorhanden) Dauerfestigkeit σ_D : $\sigma_D = \sigma_{bW} = 525\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (Werkstoff 50CrMo4 aus Material 4) $\Rightarrow S_D = \frac{0{,}93 \cdot 0{,}78 \cdot 525\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1 \cdot 212\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1{,}8 \geq 1{,}2$ Die Welle ist ausreichend dimensioniert.		6	6
3.2	aufzeigen Eine Biegebeanspruchung lässt sich vermeiden, wenn mehrere Zwischenräder symmetrisch angeordnet werden, so dass sich die Biegespannungen gegenseitig kompensieren. Bei Einsatz von beispielsweise drei Zwischenrädern wird die Ritzelwelle nicht mehr auf Biegung beansprucht, sondern nur noch auf Torsion. (→ Planetengetriebe)		2	2
	Summe 16		**8**	**8**

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
4.1	nachweisen Die Kennwerte des angegebenen Lagers sind dem Wälzlagerkatalog HR1 von Schaeffler Technologies AG & Co.KG, 2017, entnommen: $C_r = 75000\,\text{N}$ (S. 452) Lagerreihe: NUP2 $\Rightarrow e = 0{,}2$ (S. 423) $\Rightarrow Y = 0{,}6$ (S. 423) Axiale bzw. radiale Belastung des Lagers F (aus Aufgabe 2.1): $F_{\text{Fa}} = F_{\text{Fx}} = 4640\,\text{N}$ $F_{\text{Fr}} = 4959\,\text{N}$ Dynamische äquivalente Belastung P: $\frac{F_{\text{Fa}}}{F_{\text{Fr}}} = \frac{4640\,\text{N}}{4959\,\text{N}} \approx 0{,}94 > e = 0{,}2$ $\Rightarrow P = 0{,}92 \cdot F_{\text{Fr}} + Y \cdot F_{\text{Fa}} = 0{,}92 \cdot 4959\,\text{N} + 0{,}6 \cdot 4640\,\text{N} \approx 7346\,\text{N}$ (Wälzlagerkatalog HR1, Schaeffler Technologies AG & Co.KG, 2017, S. 423) $L_{10\text{h}} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_r}{P}\right)^p$ $n = 150\,\text{min}^{-1}$ (aus Aufgabe 1.2) $p = \frac{10}{3}$ (Zylinderrollenlager) $L_{10\text{h}} = \frac{10^6}{60\frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot 150\,\text{min}^{-1}} \cdot \left(\frac{75000\,\text{N}}{7346\,\text{N}}\right)^{\frac{10}{3}} \approx 256522\,\text{h}$ 25 Jahre Dauerbetrieb $\Rightarrow 25 \cdot 365\,\text{d} \cdot 24\frac{\text{h}}{\text{d}} = 219000\,\text{h}$ $L_{10\text{h}} = 256522\,\text{h} > 219000\,\text{h}$ Das Lager ist ausreichend dimensioniert.		5	7
4.2	analysieren Hohlradwelle: Stützlagerung (angestellt, O-Anordnung) Zwischenradwelle: Fest-Los-Lagerung auswählen Stützlagerung (Hohlradwelle): z. B. zwei Schrägkugellager oder zwei Kegelrollenlager Fest-Los-Lagerung (Zwischenradwelle): z. B. zwei Rillenkugellager oder ein Rillenkugel- und ein Zylinderrollenlager oder zwei Zylinderrollenlager	2	2	2
	Summe 18	**2**	**7**	**9**

<table>
<tr><th rowspan="2">Aufg.</th><th rowspan="2">erwartete Leistungen</th><th colspan="3">BE</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr><td>5</td><td>dimensionieren
Flächenpressung Nabennut:
$p_{\text{Nabe,zul}} = \frac{R_{\text{m,Nabe}}}{S}$
$R_{\text{m,Nabe}} = 400\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (Tabellenbuch Metall, 47. Auflage, 2017, S. 169)

$\Rightarrow p_{\text{Nabe,zul}} = \frac{400\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2,5} = 160\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
$p_{\text{Nabe}} = \frac{F_{\text{u}}}{A_{\text{Nabe}}}$
$F_{\text{u}} = \frac{2 \cdot M_{\text{H}}}{d_{\text{Hw}}}$
$A_{\text{Nabe}} = (h - t_1) \cdot l$
$\Rightarrow p_{\text{Nabe}} = \frac{2 \cdot M_{\text{H}}}{d_{\text{Hw}} \cdot (h - t_1) \cdot l} \le p_{\text{Nabe,zul}}$

$p_{\text{Nabe}} \le p_{\text{Nabe,zul}} \Rightarrow \frac{2 \cdot M_{\text{H}}}{d_{\text{Hw}} \cdot (h - t_1) \cdot l} \le p_{\text{Nabe,zul}}$
$\Rightarrow l \ge \frac{2 \cdot M_{\text{H}}}{d_{\text{Hw}} \cdot (h - t_1) \cdot p_{\text{Nabe,zul}}}$

Tabellenbuch Metall, 47. Auflage, 2017, S. 247:
$d_{\text{Hw}} = 100\,\text{mm}$
$\Rightarrow$ Dimensionen der Passfeder:
$b = 28\,\text{mm}$
$h = 16\,\text{mm}$
$t_1 = 10\,\text{mm}$

$\Rightarrow l \ge \frac{2 \cdot 3985000\,\text{Nmm}}{100\,\text{mm} \cdot (16\,\text{mm} - 10\,\text{mm}) \cdot 160\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 83,02\,\text{mm}$
$l = 90\,\text{mm}$ (nächstgrößere Nennlänge)

nennen
Passfeder DIN 6885 – B – 28 x 16 x 90</td><td>

2</td><td>

4</td><td>

4</td></tr>
<tr><td></td><td align="right">**Summe 10**</td><td>**2**</td><td>**4**</td><td>**4**</td></tr>
</table>

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
6	berechnen $M_{\text{Br}} = F_{\text{Br}} \cdot \frac{d_{\text{w}}}{2}$ mit $F_{\text{Br}} = 2 \cdot \mu_{\text{R}} \cdot F_{\text{Sp}}$ (2 Bremskolben) und $F_{\text{Sp}} = p \cdot A$ $\Rightarrow M_{\text{Br}} = 2 \cdot \mu_{\text{R}} \cdot p \cdot A \cdot \frac{d_{\text{w}}}{2}$ $\mu_{\text{R}} = 0,3$ (Material 6) $p = 115\,\text{bar}$ (Material 6) $= 115 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 115 \cdot 10^{-1} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $A = 11310\,\text{mm}^2$ (Material 6) $d_{\text{w}} = 400\,\text{mm}$ (Material 6) $\Rightarrow M_{\text{Br}} = 2 \cdot 0,3 \cdot 115 \cdot 10^{-1} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 11310\,\text{mm}^2 \cdot \frac{400}{2}\,\text{mm} = 15607800\,\text{Nmm}$ $M_{\text{Br}} \approx 15608\,\text{Nm}$	2	2	
	angeben $S = \frac{M_{\text{Br}}}{M_{\text{R}}} = \frac{15608\,\text{Nm}}{765\,\text{Nm}} = 20,4 > 10$ Die Rotorbremse ist ausreichend dimensioniert.	1	1	
	Summe 6	**3**	**3**	

III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Bei der Bewertung und Beurteilung der Übersetzungsleistung in den Fächern Latein und Altgriechisch sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 14 OAVO in Verbindung mit Anlage 9c anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO sowie Anlage 9c zu § 9 Abs. 14 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt.

Für die Bewertung in den modernen Fremdsprachen ist der „Erlass zur Bewertung und Beurteilung von schriftlichen Arbeiten in allen Grund- und Leistungskursen der neu beginnenden und fortgeführten modernen Fremdsprachen in der gymnasialen Oberstufe, dem beruflichen Gymnasium, dem Abendgymnasium und dem Hessenkolleg“ vom 7. August 2020 (ABl. S. 519) zugrunde zu legen. Demnach erfolgt die Bewertung und Beurteilung mit der Maßgabe, dass lediglich bei der Ermittlung des Prüfungsergebnisses (Note) aus Prüfungsteil 1 und 2 gerundet wird.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“, „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen im beruflichen Gymnasium (fachrichtungs-/ schwerpunktbezogene Fächer) (Abiturerlass BG)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Als Kriterien für die Bewertung und Beurteilung dienen unter Beachtung der Zielsetzung der gymnasialen Oberstufe nach § 1 Abs. 2 OAVO neben dem Inhaltlichen auch die in den Kerncurricula genannten überfachlichen Kompetenzen, insbesondere die Sprachkompetenz und Wissenschaftspropädeutik; dies zeigt sich u.a. in qualitativen Merkmalen wie Strukturierung, Differenziertheit, (fach-)sprachlicher Gestaltung und Schlüssigkeit der Argumentation.

Im Fach Maschinenbautechnik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung eines Vorschlags, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45% der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75% der zu vergebenden BE erreicht werden.

Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen			Summe
	AFB I	AFB II	AFB III	
1	10	8		**18**
2	9	15	8	**32**
3		8	8	**16**
4	2	7	9	**18**
5	2	4	4	**10**
6	3	3		**6**
Summe	**26**	**45**	**29**	**100**

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.